



TUGAS AKHIR - SF 141501

***IMAGING SUBSURFACE MENGGUNAKAN METODE CRS :
STUDY KASUS PADA STEEP DIP REFLECTOR DAN DATA
LOW FOLD***

**KHUSNA INDRIA RUKMANA
NRP. 1112 100 085**

**Dosen Pembimbing
Dr. rer. nat Eko Minarto, M.Si**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT - SF 141501

**IMAGING SUBSURFACE USING CRS METHOD : CASE STUDY
ON STEEP DIP REFLECTOR AND LOW FOLD DATA**

**KHUSNA INDRIA RUKMANA
NRP. 1112 100 085**

**Advisor Lecturer
Dr. rer. nat Eko Minarto, M.Si**

**PHYSICS DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016**

***IMAGING SUBSURFACE MENGGUNAKAN
METODE CRS : STUDI KASUS PADA *STEEP DIP*
REFLECTOR DAN DATA *LOW FOLD****

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

**Khusna Indria Rukmana
NRP. 1112 100 085**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si



Surabaya, Juni 2016

IMAGING SUBSURFACE MENGGUNAKAN METODE CRS : STUDI KASUS PADA STEEP DIP REFLECTOR DAN DATA LOW FOLD

Nama : Khusna Indria Rukmana
NRP : 1112 100 085
Jurusan : FISIKA FMIPA
Pembimbing : Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si

Abstrak

Metode CRS (*Common Reflection Surface*) merupakan salah satu metode imaging subsurface untuk mendapatkan penampang bawah permukaan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan hasil imaging subsurface yang optimal dan mendapatkan hasil migrasi penampang seismik secara konvensional maupun melalui hasil CRS stack. Pada metode konvensional dilakukan analisa kecepatan yang akan membentuk model kecepatan untuk penampang seismik tersebut. Untuk metode CRS sendiri tidak bergantung pada model kecepatan, akan tetapi bergantung pada atribut CRS itu sendiri yakni R_N , R_{NIP} dan α . Pada penelitian ini dilakukan dengan tahap pencarian Automatic CMP-Stack, pencarian Fresnel Zone dan Zero Offset, Atribut CRS dan dilakukan proses migrasi domain waktu. Penentuan Fresnel Zone dan Zero Offset ini bergantung dengan nilai *aperture*, yang mana nilai optimal dari aperture tersebut adalah 400m-5000m. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa stack CRS mampu memberikan gambaran reflektor yang lebih *continue* dibandingkan dengan hasil stack konvensional. Selain itu metode CRS ini mampu mengatasi masalah terkait data yang memiliki *fold coverage* rendah dan kemiringan reflektor yang tajam, yang ditunjukkan dengan adanya kemenerusan reflektor.

Kata kunci : Aperture, CMP, *Fold Coverage*, Migrasi, Stack

IMAGING SUBSURFACE USING CRS METHOD : CASE STUDY ON STEEP DIP REFLECTOR AND LOW FOLD DATA

Name : Khusna Indria Rukmana
NRP : 1112 100 085
Departement : PHYSICS
Advisor Lecturer : Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si

Abstract

CRS (Common Reflection Surface) method is one of the imaging subsurface method to get seismic subsurface section which suitable with field acquisition. The purpose of this research are to get the most optimal result of imaging subsurface and to get result of migration seismic section by using conventional method although CRS method. In conventional method there are velocity that will form velocity model for seismic section. For CRS method not rely to velocity model, but depend on attribute CRS R_N , R_{NIP} dan α . In this research done by search Automatic CMP-Stack, search Fresnel Zone and Zero Offset, CRS attribute and the next step is migration time domain. The determination of Freshnel Zone and Zero Offset depend on apparture value. The optimum value of this aparture is 400m-5000m. The result of this research is show that stack CRS can give imaging of reflectore more continue if compared with stack conventional. In other hand CRS method can solve the problem related to seismic data that have low fold coverage dan steep dip, that shown by there are continuesly reflector

Key Word : *Aparture, Fold Coverage, Migration ,Stack*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengolahan Data Seismik Konvensional	5
2.1.1 Analisa Kecepatan	5
2.1.2 Koreksi NMO	6
2.1.3 CMP Stack	9
2.2 Metode CRS	11
2.1.1 CRS Stacking Surface	12
2.3 Zona Fresnel CRS	14
2.4 Atribut CRS	16
2.4.1 Pencarian Atribut CRS	20
2.4.2 Automatic CMP Stack.....	21
2.4.3 Pencarian Penampang Zero Offset	22
2.5 Partial CRS Stack	25
2.6 Migrasi	26
BAB III METODOLOGI	
3.1 Data Penelitian	29
3.2 Perangkat	29
3.3 Alur Penelitian.....	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Metode Konvensional.....	33
4.2 Metode CRS	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.1 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
BIODATA PENULIS.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Akuisisi dari Data Seismik Input	27
Tabel 3.2 Parameter Input CRS	29
Tabel 4.1 Daftar Variasi Apparture	38

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
Gambar 2.1	Semblance analisa Kecepatan6
Gambar 2.2	Koreksi NMO7
Gambar 2.3	Koreksi NMO gather seismik8
Gambar 2.4	Koreksi pada CMP8
Gambar 2.5	Reflektor yang memiliki Dip9
Gambar 2.6	Konfigurasi Penembakan 10
Gambar 2.7	CMP Stacking 11
Gambar 2.8	Sinyal Penembakan..... 12
Gambar 2.9	Gambaran Permukaan Stackin NMO/DMO 13
Gambar 2.10	Gambaran Permukaan Stacking CRS 13
Gambar 2.11	Gelombang N dan NIP 17
Gambar 2.12	Eksperimen Eigen wave..... 18
Gambar 2.13	Sinar utama (center ray) dan sinar paraksial (paraxial ray) 19
Gambar 2.14	Alur pencarian atribut CRS.....20
Gambar 2.15	Partial CRS-Stack26
Gambar 2.16	Penampang seismik dengan reflektor C.....27
Gambar 4.1	Semblance untuk Analisa kecepatan.....34
Gambar 4.2	Hasil Analisa Kecepatan35
Gambar 4.3	Penampang Hasil Stack Konvensional36
Gambar 4.4	Hasil penampang dengan aparture 0-1100..38
Gambar 4.5	Hasil penampang dengan aparture 0-5000..39
Gambar 4.6	Hasil penampang dengan aparture 250-110039
Gambar 4.7	Hasil penampang dengan aparture 250-500040
Gambar 4.8	Hasil penampang dengan aparture 400-110040
Gambar 4.9	Hasil penampang dengan aparture 400-500041
Gambar 4.10	Hasil Stack43

Gambar 4.11	Hasil Gather	45
Gambar 4.12	Hasil Migrasi Konvensional	47
Gambar 4.13	Hasil Migrasi CRS	47
Gambar 4.14	Overlay Spektrum frekuensi migrasi CRS dan migrasi Konvensional	49
Gambar 4.15	Hasil Koherensi.....	50
Gambar 4.16	Hasil parameter emergency angle	51
Gambar 4.17	Parameter hasil R_N	51
Gambar 4.18	Parameter hasil R_{NIP}	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode seismik merupakan salah satu metode eksplorasi yang didasarkan pada pengukuran respon gelombang seismik yang merambat di dalam bumi dan kemudian ditransmisikan atau direfleksikan sepanjang perbedaan lapisan tanah atau batas-batas batuan. Sehingga dengan demikian mampu untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan bumi, bahkan seiring dengan berkembangnya metode seismik, metode seismik ini mampu menganalisa kandungan fluida dan hidrokarbon di bawah permukaan bumi. Ada beberapa tahapan penting dalam metode seismik ini salah satunya adalah tahap *processing*. Tahapan tersebut bertujuan untuk mengolah data hasil pengukuran lapangan (akuisisi) menjadi data yang siap untuk diinterpretasikan, yang mana tahapan ini nantinya akan sangat mempengaruhi tahapan *interpretasi* bawah permukaan bumi ini.

Untuk mendapatkan hasil penampang bawah permukaan yang lebih maksimal dapat dilakukan dengan meningkatkan resolusi data pada tahap *processing* dengan didukung adanya data geofisika, geologi regional daerah tersebut dan data yang lainnya. Sehingga dengan demikian diperoleh informasi terkait lapisan bawah permukaan bumi secara akurat dan proses interpretasinya akan sesuai dengan kondisi lapangan yang ada serta akan lebih mempermudah dalam proses eksplorasi. Dalam tahapan *processing* data seismik itu sendiri pun mempunyai beberapa step yakni *preprocessing*, *stacking*, dan migrasi.

Pada tahapan preprocessing merupakan tahapan editing data (*data preparation*), pada proses ini dilakukan proses reformatting data sehingga mampu untuk diolah pada software yang digunakan. Proses stacking ini menjadi cikal bakal step migrasi karena pada proses ini terjadi proses penjumlahan *traceseismic* dalam bentuk satu gather data yang mempunyai tujuan untuk meningkatkan rasio *signal* terhadap *noise*. Hasil stacking ini nantinya akan menjadi input untuk proses migrasi.

Untuk mendapatkan hasil stacking tersebut terdapat beberapa metode antara lain adalah metode Common Mid Point (CMP) dan metode Common Reflection Surface (CRS). Metode CMP ini lebih dikenal dengan istilah metode konvensional. Pada metode CMP ini trace-trace seismik digolongkan berdasarkan CMP gather. Sedangkan pada metode CRS ini dilakukan dengan menggunakan menggunakan data multicoverage lebih banyak, pada metode ini dilakukan stacking berdasarkan titik refleksi pada daerah Common Reflection Surface.

Pada kasus reflektor yang memiliki kemiringan tajam, metode stacking konvensional atau CMP stack dirasa belum mampu menyelesaikan kasus ini, hasil event adanya reflektor lemah. Ditambah dengan kondisi data yang hanya memiliki *fold coverage* rendah akan mempengaruhi kualitas data processing. Sehingga perlu dilakukan metode stacking yang lain untuk mendapatkan hasil stacking sesuai dengan kondisi lapisan bawah permukaan bumi. Metode tersebut adalah metode CRS (Common Reflection Surface). Metode stacking CRS ini menggunakan informasi data lebih banyak di sekitar titik refleksi dan bergantung pada atribut R_N , R_{NIP} , α . Sehingga nantinya bisa menyelesaikan masalah terkait posisi

reflektor yang miring tajam dengan data *fold coverage* yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mendapatkan hasil imaging *subsurface* yang optimal ?
2. Bagaimana mendapatkan penampang seismik hasil migrasi konvensional dan CRS ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Data seismik yang digunakan pada penelitian ini adalah data seismik 2D darat
2. Penelitian ini dilakukan dengan metode CRS dan Konvensional
3. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Tomodepth dan Omega

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan hasil imaging yang optimal dengan menggunakan metode CRS-Stack
2. Melakukan migrasi post Stack time migration hasil CRS dan konvensional

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan ini dapat diambil manfaat yakni sebagai acuan bahwa metode CRS yang digunakan ini dapat diterapkan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas data hasil migrasi sehingga didapatkan penampang yang sesuai dengan kondisi *subsurface* yang ada di lapangan pengambilan data.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. BAB I, Pendahuluan membahas tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.
2. BAB II, berisikan teori dasar tentang metode konvensional dan metode CRS
3. BAB III, berisikan langkah-langkah dalam melakukan penelitian
4. BAB IV, Pembahasan terkait hasil penelitian tugas akhir
5. BAB V, berisikan Kesimpulan dan Saran dari penelitian tugas akhir ini

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

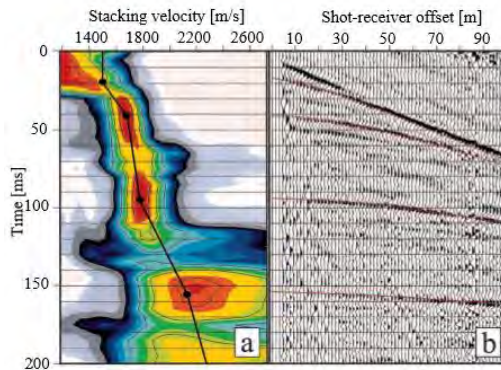
2.1 Pengolahan Data Seismik Konvensional

Pengolahan data seismik mempunyai beberapa tahapan penting yakni akuisisi, processing dan interpretasi. Pada tahapan processing ini merupakan tahapan mengolah data hasil akuisisi seismik sehingga nantinya bisa diinterpretasikan. Pada tahapan interpretasi merupakan tahapan untuk menceritakan kondisi geologi lokasi akuisisi sesuai dengan hasil processing yang telah dilakukan. Proses pengolahan data seismik yang tak kalah penting adalah tahapan processing itu sendiri. Pada proses ini dilakukan proses imaging. Ada berbagai teknik yang digunakan untuk proses imaging ini, mulai dari CMP Stack (metode konvensional) sampai dengan metode CRS-stack yang merupakan temuan terbaru pada tahun 1997 (Riyadi, 2011).

2.1.1 Analisa Kecepatan

Analisa kecepatan sangat merupakan tahapan yang penting dalam seismic *processing* konvensional. Analisa kecepatan ini digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan yang mengikuti kondisi horizon permukaan yang sebenarnya, yang mana sebelumnya dilakukan analisa semblance untuk mendapatkannya. Untuk kondisi yang normal semblance akan meningkat sesuai dengan semakin dalam lokasi penembakan seperti halnya kecepatan. Akan tetapi, dalam beberapa kondisi adanya penurunan nilai kecepatan tersebut merupakan pengaruh lithologi atau fluida pada suatu formasi (Dwi, 2012).

Menurut Yilmaz pada tahun 2001 kesesuaian antara nilai kecepatan pada tiap lapisan tersebut mengacu pada nilai koherensi pada titik yang sama. Nilai kecepatan dianggap mewakili jika mempunyai koherensi tinggi sehingga posisi picking berada pada titik tersebut. Pemilihan nilai kecepatan yang sesuai akan membuat gather flat. Nilai kecepatan yang dipilih harus tepat, karena akan mempengaruhi kondisi penampang yang dihasilkan. Apabila harga nilai kecepatan yang dipilih tepat maka didapatkan penampang yang sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Penentuan nilai kecepatan (picking) dilakukan pada tiap cmp data seismik, sehingga diperoleh inisial kecepatan yang akan digunakan pada tahap selanjutnya. Prinsip dari analisa kecepatan ini adalah mencari persamaan hiperbola yang sesuai sinyal yang dihasilkan dengan waktu tempuh yang terekam adalah *two way time*.

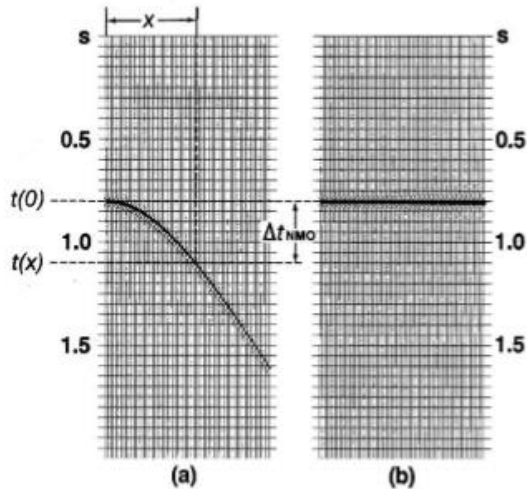


Gambar 2.1 Semblance yang digunakan untuk analisa kecepatan

2.1.2 Koreksi NMO

NMO adalah perbedaan antara time traveling pada offset tertentu dengan Travel time pada Zero Offset. Koreksi NMO ini digunakan untuk menghilangkan efek jarak, rekaman waktu tempuh dengan kriteria domain yang sama (CMP gather, shot

gather, dsb). Dengan kata lain koreksi NMO adalah koreksi waktu tempuh terhadap offset. Refleksi dari travelttime harus dikoreksi dengan menggunakan NMO untuk menjumlahkan trace-trace pada CMP-gather sepanjang sumbu offset. NMO tergantung pada analisa kecepatan (Yilmas, 2001).



Gambar 2.2 Koreksi NMO (a)Gather sebelum koreksi NMO (b) Gather setelah koreksi NMO

Persamaan koreksi NMO untuk kasus medium horizontal sederhana, fungsi travelttime dari source di permukaan reflektor lalu ke geophone adalah sebagai berikut:

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{V_{NMO}^2} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\Delta t_{NMO} = t(h) - t(0)$$

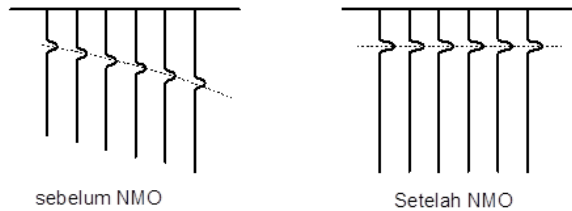
v = kecepatan NMO

t_0 = waktu tempuh zero offset

h = half offset antara source dan geophone

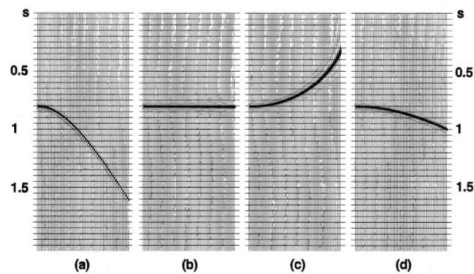
dimana kecepatan NMO diturunkan dari persamaan kecepatan berikut :

$$V_{NMO} = \frac{v}{\cos \phi} \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.3 Koreksi NMO gather seismik

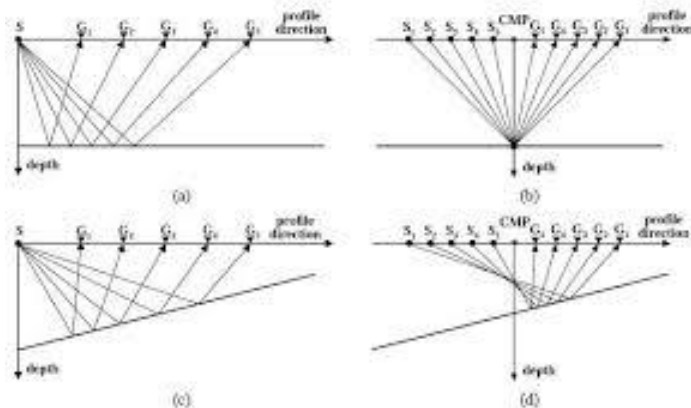
Penentuan nilai kecepatan pada proses analisa kecepatan akan mempengaruhi koreksi NMO, karena nilai kecepatan ini yang digunakan sebagai input, jika kecepatan yang dipilih tidak sesuai maka gather seismic setelah dikoreksi NMO hasilnya masih terlihat belum datar.



Gambar 2.4 (a) CMP-gather yang belum terkena koreksi (b) koreksi NMO gather menggunakan kecepatan moveout yang sesuai (c) koreksi NMO dengan menggunakan kecepatan moveout

yang terlalu rendah (d) koreksi NMO dengan menggunakan kecepatan moveout yang terlalu tinggi (Yilmas, 2001).

Pada kasus reflektor yang miring, metode NMO ini tidak bisa menggambarkan event refleksi dengan baik. Karena dalam satu CMP gather belum tentu merupakan kumpulan dari satu refleksi, sehingga dibutuhkan metode tambahan yaitu metode *dip moveout* (DMO). Namun untuk kasus lapisan miring yang berbentuk melengkung, atau pada kasus medium tidak homogen, koreksi ini menjadi kurang tepat lagi. Meskipun telah dilakukan koreksi NMO dan DMO, smearing dari titik refleksi residual masih terjadi. Efek ini akan meakin besar apabila dijumpai bentuk reflektor yang makin melengkung atau medium yang makin tidak homogen.



Gambar 2.5 Reflektor yang memiliki dip (Yilmas, 2001).

2.1.3 CMP stack

Pada akuisisi seismik 2D, source dan receiver terletak pada satu garis lurus. CMP merupakan titik tengah antara source dan receiver. Letak titik CMP pada pada garis seismik dapat dihitung

melalui lokasi sumber dan lokasi penerima. Jarak antara source dan receiver disebut offset. Saource dan Receiver dengan lokasi CMP yang sama disebut CMP-Gather. Untuk mengetahui letak titik tengah dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$x_m = \frac{x_s + x_g}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$h = \frac{x_g - x_s}{2} \dots \dots \dots (2.4)$$

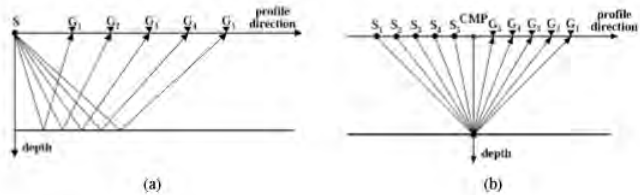
dimana :

x_m = lokasi horizontal CMP

h = setengah jarak dari source dan receiver

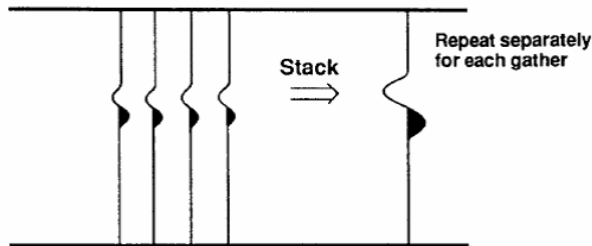
x_s = Lokasi source

x_g = Lokasi receiver



Gambar 2.6 konfigurasi penembakan (a) Common Source Gather
(b) CMP Gather

CMP Stack dilakukan dengan cara menjumlahkan trace-trace dari offset yang berbeda yang mengandung informasi pada titik yang sama pada reflektor horizontal, dengan adanya metode penjumlahan trace-trace dari offset yang berbeda ini maka akan meningkatkan sinyal amplitudo dan noise semakin melemah. Karena dalam hal ini diasumsikan bahwa sinyal seismik mempunyai fase yang sama dan noise memiliki fase yang acak. Proses CMP-Stack dilakukan pada gather seismik yang telah melalui proses koreksi NMO.



Gambar 2.7 CMP Stacking

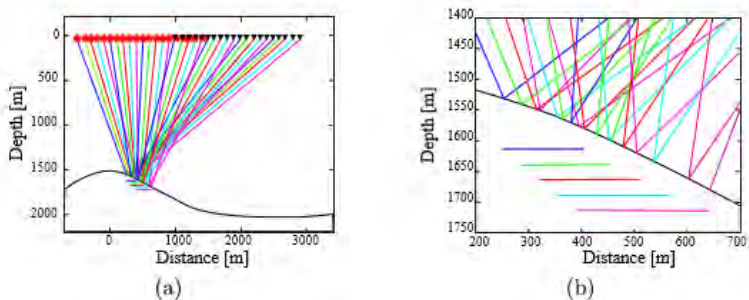
Keuntungan menggunakan metode CMP-Stacking ini adalah semakin banyak titik CMP dilewati pasangan source-receiver maka semakin baik kualitas rasio S/N yang akan didapatkan. Dengan menggunakan metode ini maka didapatkan penampang Zero Offset yang mampu mengurangi jumlah data sehingga sinyalnya meningkat dan mengurangi noise. Kelemahan metode ini adalah pada kondisi conflicting dip saat dua atau lebih event refleksi berkumpul pada lokasi Zero Offset yang sama, metode CMP Stack tidak bisa menggambarkan event-event refleksi tersebut dengan baik karena pada satu titik Zero Offset terdapat kemungkinan lebih dari satu titik refleksi (Battaglia, 2013).

2.2 Metode CRS Stack

CRS Stack adalah simulasi Zero-Offset terbaru pada seismik processing, model baru yang mempengaruhi metode citra seismik. Pada metode ini tidak dibutuhkan model macro velocity sehingga tidak memerlukan kecepatan analisis, hanya dibutuhkan kecepatan lapisan permukaan. Pada metode ini penampang Zero Offset didapatkan dari data seismik multicoverage. (Yudiana, 2014)

Berbeda halnya dengan metode konvensional, dimana pada metode ini digunakan semua data multicoverage, hal ini berarti bahwa menggunakan lebih banyak gather dalam proses stackingnya. CRS stack ini berdasarkan pada refleksi yang terjadi

daerah Common Reflection Surface. Semua data refleksi digunakan sebagai asumsi bahwa refleksi yang terkumpul pada CMP gather yang berdekatan memiliki titik refleksi pada bagian reflektor yang sama sehingga memiliki informasi yang sama.



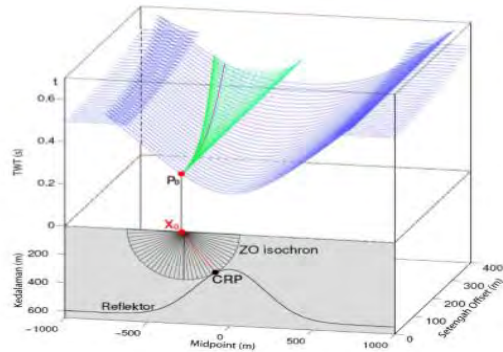
Gambar 2.8 (a) Sinyal penembakan CMP gathers (b) detail titik refleksi hasil penembakan (Mann, 2003)

Metode ini memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan metode konvensional, metode ini mampu menghasilkan citra penampang Zero Offset yang lebih tajam dan didapatkan berbagai atribut dari hasil metode ini. Manfaat atribut tersebut adalah digunakan untuk membuat model kecepatan berdasarkan inversi tomografi. Metode CRS Stack ini sangat cocok untuk kasus lapisan mirirng yang berbentuk melengkung, atau pada kasus medium yang tidak homogen, koreksi ini cukup baik untuk mengatasi hal tersebut (Battaglia, 2013)

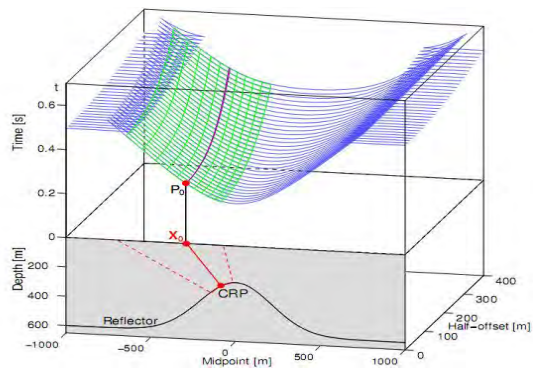
2.2.1 CRS stacking surface

Gamabr 2.9 dan 2.10 merupakan contoh proses mendapatkan lintasan daerah yang akan distack secara konvensional ataupun CRS yang mana pada daerah ini mempunyai model geologi berupa daerah antiklin. Yang mana bagian bawah adalah daerah lapangan yang diambil datanya dan bagian atas

merupakan data seismik (multicoverage) yang disortir berdasarkan common-offset gather (warna biru).



Gambar 2.9 Gambaran permukaan stacking NMO/DMO



Gambar 2.10 Gambaran permukaan stacking CRS (Mann, 2003)

Gambar 2.9 ini merupakan gambaran pengambilan lintasan metode konvensional stack. Pada gambar 2.9 terlihat daerah yang berwarna hijau yang digunakan untuk melakukan

stack, yang mana akan ditarik satu titik pusat yakni pada P_0 . Lintasan yang berwarna merah yang melewati titik P_0 merupakan lintasan common reflection point (CRP) dari titik CRP pada reflektor. Lintasan CRP inilah yang digunakan untuk menjadi area proses stack untuk metode konvensional. Perpotongan operator DMO dengan common offset yang berwarna biru merupakan lintasan CRP yang berwarna merah. Sehingga titik yang diambil dalam proses stacking (P_0) didapatkan dari cara menjumlahkan amplitudo sepanjang lintasan yang berwarna merah, untuk metode konvensional (Muller, 1998).

Untuk metode CRS, CRS menggunakan fungsi volume data multicoverage selama proses pelaksanaan metode tersebut. Sehingga bisa diketahui bahwa pada gambar 2.8 terlihat daerah yang berwarna garis merah merupakan garis yang digunakan untuk penjumlahan amplitudo pada daerah tersebut yang akhirnya menjadi daerah stacking CRS, yang mana daerah penjumlahan amplitudo merupakan luasan daerah tersebut bukan hanya berupa lintasan satu garis saja, yakni sepanjang area hijau juga. CRS Stack surface digambarkan dengan daerah yang berwarna hijau. Hasil stacking tersebut akan terkumpul pada titik P_0 (Muller, 1998).

2.3 Zona Fresnel CRS

Menurut Jurgen Mann pengolahan data menggunakan metode CRS stacking, dimana operator stacking ditentukan oleh lebar segmen reflektor atau aperture dari reflektor, maka zona Fresnel adalah optimum aperture dalam melakukan stacking CRS. Namun konsep zona fresnel ini berada dalam domain kedalaman, padahal data seismik berada dalam domain waktu. Ternyata first interface Fresnel zone dalam domain waktu identik dengan proyeksi first interface dari zona fresnel pada kawasan kedalaman. Sehingga hubungan ini dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan aperture operator CRS yang optimum (Heilman, 2007).

Dalam metode seismik refleksi, frekuensi dari wavelet sumber adalah terbatas oleh beberapa kriteria terkait dengan nilai efisiensi dari akuisisi data seismik. Oleh karena itu, menjadi tidak sesuai lagi jika dilakukan asumsi bahwa refleksi dari satu sumber di atas permukaan hanya mengiluminasi satu titik saja, sebagaimana asumsi pengolahan data seismik selama ini. Pada kenyataannya refleksi ini mengiluminasi satu garis yang disebut sebagai zona fresnel. Dengan menggunakan informasi dari respon refleksi di sekitar titik Zero Offset sepanjang zona fresnel ini, maka akan didapatkan satu permukaan stacking untuk tiap ZO point, dengan melakukan penjumlahan sepanjang luasan permukaan stacking tersebut, untuk kemudian menaruhnya di titik Zero Offset. Dengan melakukan proses ini untuk tiap titik ZO di sepanjang reflektor target, maka akan didapatkan penampang stacking CRS itu sendiri (Battaglia, 2013).

Untuk menurunkan first Fresnel Zone dari satu titik X_p pada penelitian yang dituliskan oleh Battaglia adalah dengan menggunakan semua titik sekitar reflektor X_r dengan traveltime refleksi adalah t_r , dan T adalah periode dari sinyal moo-frekuensi. Persamaan dari penurunan ini adalah sebagai berikut :

$$|t_d(x_r) - t_r(x_p)| \leq \frac{T}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Persaman (2.5) diturunkan melalui pendekatan terhadap geometri akuisisi. Dengan pendekatan ini, didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$|t_d(X) - t_r(X)| \leq \frac{T}{2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana X adalah jarak dari source ke receiver, t_d adalah traveltime difraksi, t_r adalah traveltime refleksi. Untuk aproksimasi traveltime, batasan zona Fresnel diselesaikan secara analitik dengan pendekatan sebagai berikut :

$$|t_d(x_m - x_0, h) - t_r(x_m - x_0, h)| \leq \frac{T}{2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan menggunakan aproksimasi hiperbola, maka t_r ditentukan dengan menggunakan R_N dan t_d dengan menggunakan R_{NIP} , maka akan didapatkan persamaan berikut :

$$\left| \frac{\cos^2 \alpha (x - x_m)}{v_0} \left(\frac{1}{R_N} - \frac{1}{R_{NIP}} \right) \right| \leq \frac{T}{2} \dots\dots\dots(2.8)$$

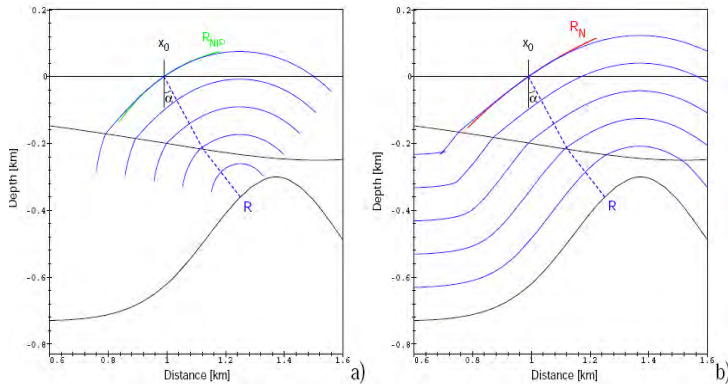
Dengan aproksimas diatas, didapatkn persamaan proyeksi first Fresnel Zone untuk ZO adalah sebagai berikut :

$$\frac{WF}{2} = |x_m - x_0| = \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{v_0 T}{2 \left| \frac{1}{R_N} - \frac{1}{R_{NIP}} \right|}} \dots\dots\dots(2.9)$$

(Muller, 1998).

2.4 Atribut CRS

Menurut jurnal yang ditulis oleh Olivia dkk pada tahun 2005 atribut CRS merupakan operator CRS stack seismik 2D yang merupakan fungsi dari tiga atribut kinematik wavefield. Tiga atribut kinematik wavefield tersebut adalah R_{NIP} , R_N , dan α . R_{NIP} merupakan radius kelengkungan gelombang Normal Incidence Point. R_N merupakan radius kelengkungan gelombang normal, dan α adalah sudut antara sinar ZO dengan bidang normal. Operator stacking CRS tersebut dihasilkan dari dua gelombang yaitu gelombang Normal (N) dan gelombang Normal Incident Point (NIP).



Gambar 2.11 (a) gelombang N (b) gelombang NIP

Atribut seismik pada CRS stack diterangkan melalui eksperimen teoritikal (Hubral, 2002). Kedua eksperimen ini disebut dengan *eigenwave*, yakni masing-masing muka gelombang sebelum dan sesudah refleksi pada titik yang dicari sama, kecuali dari perambatannya.

Gelombang NIP dan gelombang N memiliki *kinematic properties* yang terukur di permukaan ξ_0 . Kinematic properties tersebut adalah $p^{(\xi)}$ dan $M_N^{(\xi)}$ yang merupakan turunan pertama dan kedua *horizontal spatial traveltime* dari gelombang yang dibangkitkan dari *exploding reflector* di sekitar titik NIP. Sedangkan $M_{NIP}^{(\xi)}$ adalah turunan kedua *horizontal spatial traveltime* dari gelombang yang dibangkitkan dari *point source* pada titik NIP. Jika kecepatan dekat permukaan adalah V_0 diketahui dan struktur bawah permukaan tegak lurus terhadap permukaan (2.5D) parameter $p^{(\xi)}$, $M_N^{(\xi)}$, $M_{NIP}^{(\xi)}$ dapat dijabarkan menjadi :

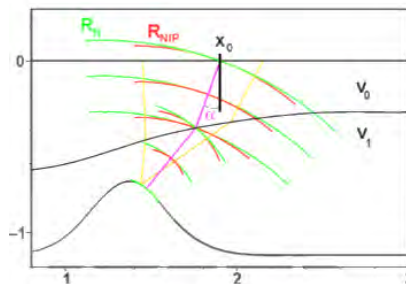
$$p^{(\xi)} = \frac{\sin \alpha}{v_0} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$M_N^{(\xi)} = \frac{\cos^2 \alpha}{v_0} K_N = \frac{\cos^2 \alpha}{v_0 R_N} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$M_{NIP}^{(\xi)} = \frac{\cos^2 \alpha}{v_0} K_{NIP} = \frac{\cos^2 \alpha}{v_0 R_{NIP}} \dots\dots\dots(2.12)$$

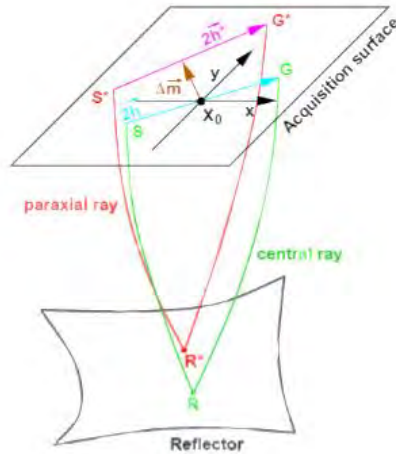
Eksperimen eigenwave merupakan eksperimen gelombang Normal Incidence Point (NIP). Eksperimen ini bisa diinterpretasikan sebagai ledakan titik sumber pada titik akhir dari Normal Incidence Ray pada bawah permukaan. Sudut kritis (α) dihitung antara sinar normal dengan permukaan pada x_0 . Sedangkan kelengkungan lokal dari muka gelombang x_0 merupakan atribut radius kelengkungan muka gelombang NIP (R_{NIP}). Disebut kelengkungan lokal karena secara umum muka gelombang tidak berbentuk lingkaran ketika berbenturan dengan permukaan pada saat terjadi refraksi (Muller, 1998).

Eksperimen kedua eigenwave merupakan eksperimen gelombang normal. Pada eksperimen ini terjadi ledakan reflektor termasuk titik reflektor NIP. Muka gelombang yang dihasilkan tegak lurus terhadap sinar normal. Sudut kritis (α) dihitung kembali antara permukaan dan sinar normal pada titik x_0 . Radius kelengkungan gelombang normal pada x_0 merupakan radius kelengkungan muka gelombang (R_N).



Gambar 2.12 Eksperimen Eigenwave

Untuk mendapatkan persamaan matematis terkait dengan waktu tempuh CRS digunakan pendekatan teori sinar paraksial. Menurut teori ini terdapat hubungan linear antara sinar utama (central ray) dan sinar sekitar (paraxial ray).



Gambar 2.13 Sinar utama (center ray) dan sinar paraksial (paraxial ray)

Berdasarkan teori sinar paraksial dari gambar diatas, maka dapat diturunkan persamaan waktu tempuh untuk CRS dengan menggunakan ekspansi Taylor orde dua. Ekspansi Taylor t , merupakan pendekatan waktu tempuh CRS parabolik, secara matematis persamaan tersebut adalah :

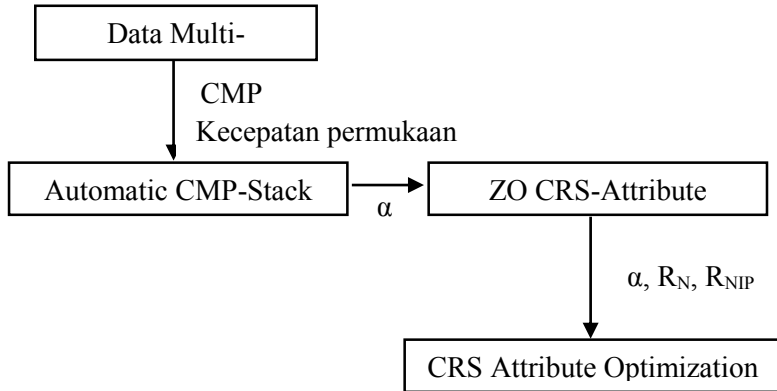
$$t_{hyp}^2(x_m, h) = [t_0 + \frac{2\sin\alpha}{v_0}(x_m - x_0)]^2 + \frac{2t_0\cos^2\alpha}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \dots\dots\dots(2.13)$$

Ketika persamaan 2.13 tersebut dijabarkan akan menjadi sebagai berikut :

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = [t_0 + \frac{2\sin\alpha}{v_0}(x_m - x_0)]^2 + \frac{2t_0\cos^2\alpha}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{2t_0\cos^2\alpha}{v_0} \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \dots\dots\dots(2.14)(\text{Muller, 1998}).$$

2.4.1 Pencarian Atribut CRS

Penentuan dari ketiga atribut CRS sangat menentukan kondisi permukaan yang sesuai dengan event refleksi yang sebenarnya, yakni melalui persamaan pendekatan hiperbolik waktu tempuh CRS. Penentuan atribut tersebut dilakukan dengan cara *three subsequent one parametric search* (Muller,1999). Langkah penentuan atribut CRS adalah sebagai berikut :



Gambar 2.14 Alur pencarian atribut CRS

Parameter stacking untuk Zero Offset telah didapatkan setelah melalui proses-proses seperti yang tertera pada gambar 2.12. Pasangan parameter ini merepresentasikan stacking surface pada domain (x_m, h, t) (Hubral,2002).

2.4.2 Automatic CMP Stack

Proses auto CMP Stack ini merupakan parameter nilai awal untuk proses-proses selanjutnya. Automatic CMP-Stack dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t^2_{cmp}(h) = t_0^2 + 2 \frac{t_0}{v_0} \cos^2 \alpha \frac{h^2}{R_{NIP}} \dots \dots \dots (2.15)$$

Pada persamaan (2.12) persamaan tersebut hanya bergantung pada satu nilai parameter saja. Parameter tersebut adalah nilai R_{NIP} , dimana awal persamaan (2.12) berasal dari persamaan NMO berikut :

$$t^2_{cmp}(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{v_{NMO}^2} \dots \dots \dots (2.16)$$

Untuk persamaan V_{NMO} :

$$V_{NMO}^2 = \frac{2V_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha} \dots \dots \dots (2.17)$$

Selain itu juga bisa digunakan parameter $q = \frac{\cos^2 \alpha}{R_{NIP}}$ yang terkait dengan *stacking velocity* $V_{NMO}^2 = \frac{2V_0}{t_0 q}$. Parameter q tersebut bervariasi untuk mendapatkan nilai koherensi tertinggi sepanjang *stacking* hiperbolik. Nilai parameter q yang memiliki koherensi tertinggi dianggap sebagai nilai q inisial. Dengan mendapatkan nilai q yang optimum, didapatkan dari nilai NMO yang optimum pula (Mann, 2003).

Langkah yang digunakan untuk mencari nilai parameter q adalah *moveout* untuk maksimum offset pada aperture dihitung menurut nilai kecepatan *stacking* yang diberikan. Penjumlahan dari tiap sampel dari *prestack* data menggunakan kecepatan *stacking*

NMO ini dilakukan untuk mendapatkan penampang CMP stack. Prosedur ini dilakukan secara otomatis, oleh karena itu dinamakan dengan automatic CMP stack. Selain menghasilkan penampang automatic CMP stack, tahapan ini menghasilkan penampang q dan penampang koherensi. *Conflicting dip* saling bertentangan tidak dipertimbangkan dalam langkah ini karena peristiwa kontribusi yang berbeda mungkin memiliki moveout sangat mirip CMP-gather. Akibatnya, jari-jari R_{NIP} dihitung dari kecepatan stacking dan sudut α munculnya tidak signifikan pada kondisi *conflicting dip*. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan penampang ZO, yang terbuat dari dua parameter atribut kinematik wavefield α dan R_N . (Mann, 2003)

2.4.3 Pencarian Penampang Zero Offset dari atribut CRS

Untuk menentukan nilai *initial* dari sudut kritis α , dengan nilai $h=0$ pada persamaan 2.10 . Asumsi tersebut didapat dengan menganggap tidak ada perubahan nilai terhadap jarak half-offset akibat perhitungan nilai α yang terletak pada titik x_0 . Persamaan hiperbola (2.10) dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = [t_0 + \frac{2\sin\alpha}{v_0}(x_m - x_0)]^2 + \frac{2t_0\cos^2\alpha}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} \right] \dots\dots\dots(2.18)$$

Persamaan di atas bisa disederhanakan dengan mengubah nilai R_N menjadi tak hingga menjadi persamaan berikut ini:

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = [t_0 + \frac{2\sin\alpha}{v_0}(x_m - x_0)]^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan menggunakan Persamaan (2.16), maka nilai dari α dapat ditentukan dan disimpan sebagai nilai inisial emergence angle. Setelah α didapatkan, pencarian nilai R_{NIP} dengan menggunakan data dari penampang q pada tahapan automatic CMP

stack dapat dilakukan. Pencarian nilai R_{NIP} didasari oleh Persamaan $q = \frac{\cos^2 \alpha}{R_{NIP}}$, dimana pada akhirnya kedua nilai tersebut yaitu α dan R_{NIP} digunakan untuk mencari nilai R_N dengan mensubstitusi nilai– nilai tersebut ke dalam persamaan hiperbolik CRS stack pada Persamaan (2.10). Berdasarkan proses pencarian atribut CRS dari Persamaan $q = \frac{\cos^2 \alpha}{R_{NIP}}$ sampai pada persamaan (2.16) (Mann, 2003).

Setelah tiga parameter stacking untuk tiap ZO time sample sudah didapatkan, pasangan parameter ini merepresentasikan stacking surface pada domain (x_m, h, t) . Dengan menjumlahkan data pre-stack sepanjang permukaan ini, maka akan didapatkan penampang ZO stack initial. Analisa koherensi dengan data pre-stack kembali dilakukan, analisa ini digunakan sebagai quality control dari hasil stacking initial. Untuk mendapatkan hasil stacking yang terbaik, maka dilakukan proses optimasi dengan menggunakan input data nilai initial parameter stacking. Algoritma yang digunakan untuk proses optimasi ini adalah The Flexible Polyhedron Search. Nilai inisial digunakan sebagai input untuk mendekati nilai global optimum. Penelitian mengenai bekerjanya algoritma ini dalam optimasi parameter CRS dilakukan oleh Jäger (1999).

Hasil dari optimasi parameter stacking ini selanjutnya digunakan dalam proses stacking dengan keluaran berupa penampang stack. Pencarian dengan metode ini ternyata masih memiliki kelemahan, yaitu tidak bisa menangani permasalahan conflicting dip. Dengan menggunakan pragmatic search strategy ini, hanya satu operator stacking yang dipakai dalam tiap ZO sampel untuk disimulasikan. Pada kasus conflicting dip, dimana event memiliki koherensi minimum akibat penjumlahan yang destruktif, metode pragmatic search akan mengabaikan event ini,

padahal kecepatan stacking yang ditentukan tidak selalu berhubungan dengan event yang memiliki koherensi terbesar, tetapi bisa juga diakibatkan oleh conflicting dip. Mann (2003) memperkenalkan suatu metode untuk memisahkan event normal dengan event conflicting dip dengan menambahkan kriteria pada penentuan threshold koherensi. Dengan threshold koherensi yang sesuai, event dalam rekaman seismik yang berbeda-beda dan saling bercampur di dalam satu event dapat dipisahkan.

Pada dasarnya metode yang dikeluarkan oleh Mann ini masih menggunakan beberapa cara yang diterapkan pada strategi pencarian pragmatic, namun dengan pengembangan dalam prosedur pendeteksi conflicting dip, dan juga proses penentuan atribut kinematik wavefield α dan R_N kali ini dilakukan secara terpisah pada tiap event. Namun metode ini memiliki perbedaan yang saat mencolok ketika berada pada proses penentuan nilai dari R_{NIP} . Pencarian nilai R_{NIP} tidak lagi dapat dilakukan dengan mencari hubungan antara α dan V_{nmo} . Karena jika menggunakan cara seperti metode yang terdahulu, maka hanya akan dihasilkan satu kecepatan stack saja, yang pada akhirnya akan menimbulkan ambiguitas dalam kasus conflicting dip. Juergen Mann mengembangkan metode pencarian R_{NIP} dengan menggunakan subset data yang lain dari data multicoverage, yaitu Common Shot (CS) dan Common Receiver (CR) gather. Di persamaan ini, operator stacking akan dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

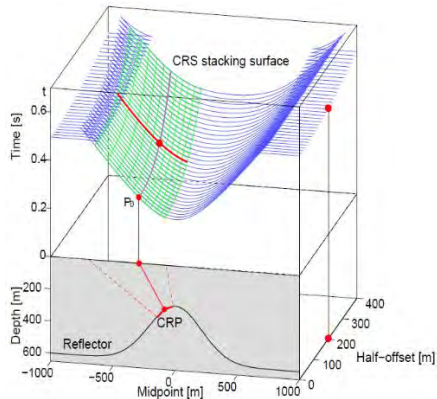
$$t_c^2(x_m) = [t_0 + \frac{2sina}{v_0}(x_m - x_0)]^2 + \frac{2t_0cos^2\alpha}{v_0}[\frac{(x_m-x_0)^2}{R_{cs}}] \dots(2.20)$$

(Jager, 1999).

2.5 Partial CRS-Stack

Kualitas data seismik refleksi sangat penting untuk *seismic processing*. Yang mempengaruhi kualitas data seismik itu termasuk pada faktor nilai pada topografi permukaan, dengan susunan kompleks dari *subsurface* dan menjadi persyaratan yang digunakan untuk akuisisi. Untuk daerah seperti sungai dan struktur topografi yang berbeda yang memiliki daerah yang kompleks pada saat data akuisisi refleksi untuk suatu data akuisisi geometry irreguler pada regional sparasi data. Ketidak homogenitas dari *subsurface*, adanya struktur *fault* dan kecepatan seperti pada daerah yang daerah *salt* untuk menurunkan rasio SN pada data. Pada pengolahan data refleksi konvensional memerlukan untuk diproses kembali karena data yang didapatkan berasal dari *short maximum offset* dan CMP *fold* rendah. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan perlu dilakukan *processing* yang lebih kompleks lagi, contohnya yakni dengan analisa stacking kecepatan dan model kecepatan, karena kualitas stack migrasi dalam domain waktu dan kedalaman rendah (Heilman, 2007).

Menurut Panea pada thesis yang beliau tulis pada tahun 2011, teknik CRS ini telah sukses dalam memperbaiki hasil migrasi domain waktu dan kedalaman. Metode ini juga bisa untuk meningkatkan kualitas data *prestack*. Pada saat penentuan travelttime CRS dimana dip dan reflektor pada kondisi yang kompleks, rasio sinyal terhadap noise dari data seismik dapat meningkat dengan mengaplikasikan *partial stack*.

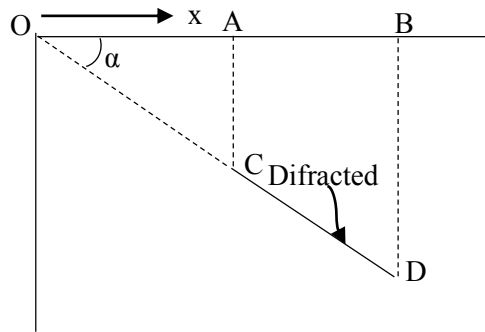


Gambar 2.15 Gambar Partial CRS-Stack

Pada gambar 2.15 garis merah pada permukaan stacking CRS merupakan respon dari sinar refleksi pada penentuan setengah offsetnya. Dengan menjumlahkan data sepanjang garis dan menandai hasil pada offset sepanjang daerah h stack partial CRS menghasilkan rasio SN lebih bagus. Ratio SN bisa meningkat dari data pada dimensi titik tengah. Fold yang lebih tinggi ditentukan dari stacking data sepanjang kurva traveltime untuk setiap setengah dari offset *source-receiver* pada data (Heilman, 2007).

2.6 Migrasi

Menurut Yilmas (2001), migrasi adalah proses pengolahan data seismik yang bertujuan untuk memetakan event-event seismik pada posisi yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombang. Penampang seismik hasil *stack* belum mencerminkan posisi yang sebenarnya, karena rekaman *normal incident* belum tentu tegak lurus terhadap bidang permukaan, terutama untuk bidang yang berreflektor miring. Selain itu, migrasi juga menghilangkan pengaruh difraksi gelombang yang muncul akibat adanya struktur-struktur bawah permukaan seperti patahan ataupun antiklin, sinklin.



Gambar 2.16 Penampang seismik dengan reflektor CD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data darat 2D dari lapangan yang berupa data CMP Gather 2nd Residual Statik. Informasi data yang ada pada lapangan penelitian ini adalah:

Tabel 3.1 Paramete Akuisisi dari Data Seismik Input

Parameter	Nilai
<i>Shot Point Number</i>	2061-2399
<i>Shot Spacing</i>	50 m
<i>Number of Channel</i>	240
<i>CMP</i>	4124-4798
<i>Fold Coverage</i>	28
<i>Surface Velocity</i>	1500 m/s

Data yang digunakan pada penelitian ini telah dilakukan proses preprocessing, yakni telah mengalami tahap Demultiplex, edit geometri, Editing, *True Amplitude Recovery*, dekonvolusi. Data input yang digunakan ini sudah baik dengan pengurangan noise-noise karena telah melalui proses precondition tersebut. Data awal berupa data SEG.Y sehingga harus dilakukan reformat sehingga bisa terbaca pada software Omega 2015.

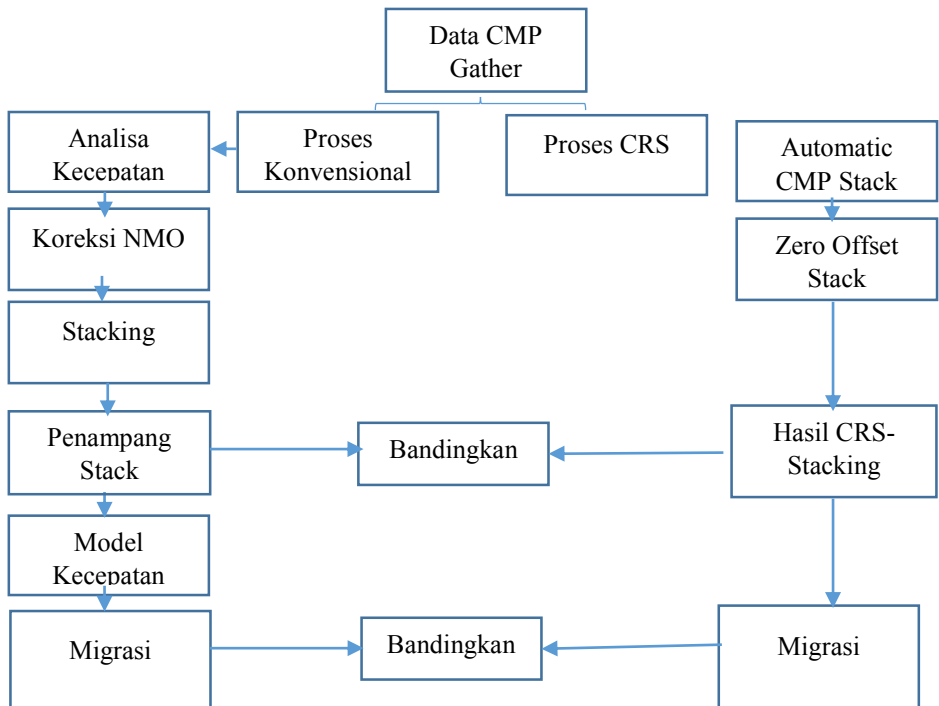
3.2 Perangkat

Perangkat yang digunakan untuk pengolahan data ini adalah perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras (*hardware*) tersebut meliputi : Monitor komputer 24 inch sebanyak 2 buah, CPU yang dilengkapi dengan operasi sitem LINUX. Sedangkan *software* yang digunakan untuk menunjang proses penelitian ini adalah :

- a. Seismic Unix
Seismic Unix ini digunakan untuk memberikan perintah dalam membuka software CRS
- b. Omega 2015
Omega 2015 ini digunakan untuk melakukan pengolahan data seismik
- c. Software Tomodepth
Tomodepth ini merupakan software yang digunakan untuk mencari atribut-atribut CRS sehingga dihasilkan penampang stack CRS

3.3 Alur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yakni metode processing konvensional dan metode processing CRS. Berikut adalah alur penelitian yang digunakan :



Gambar 3.1 Digram alir penelitian

Pada metode konvensional data hasil preprocessing dilakukan proses analisa kecepatan dengan dilakukan pick semblance sehingga didapatkan kecepatan rms nantinya. Kecepatan yang diperoleh tersebut digunakan untuk koreksi NMO. Yang mana fungsi dari koreksi NMO itu sendiri adalah untuk menghilangkan efek jarak offset. Setelah dilakukan koreksi NMO ini maka bisa dilakukan proses *stacking*.

Untuk metode CRS data hasil preprocessing langsung dioalah sebagai data masukan proses *stacking* dengan menggunakan *software* tomodepth. Parameter yang digunakan untuk metode CRS ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Parameter Input CRS

No.	Parameter	Nilai
1	Lower time boundary of ZO CRS stack	0
2	Number of time sample per trace	1250
3	Time sample spacing	0.002
4	Minimum CDP	4125
5	Maksimum CDP	4798
6	Survel	1500 m/s
7	Avgvel	3000 m/s
8	Vnmo min	1450 m/s
9	Vnmo max	4500 m/s
10	Minoffset	0 s
11	Minoffsetap	0, 250, 400 m
12	Maxoffsetap	1100, 5000 m
13	Maxoffset	3.0 s
14	Minap	100 m
15	Maxap	700 m

16	Maxangle	45°
17	Minangle	-45°
18	Dangle	1
19	Globalcohtresh	0.1
20	Recohtresh	0.3
21	Ndips	1
22	Mincohtresh	0
23	Maxcohtresh	0

Dalam metode CRS ini nilai minimum aparture dan maksimum aparture yang divariasikan untuk mendapatkan *Fresnel Zone* yang optimal.

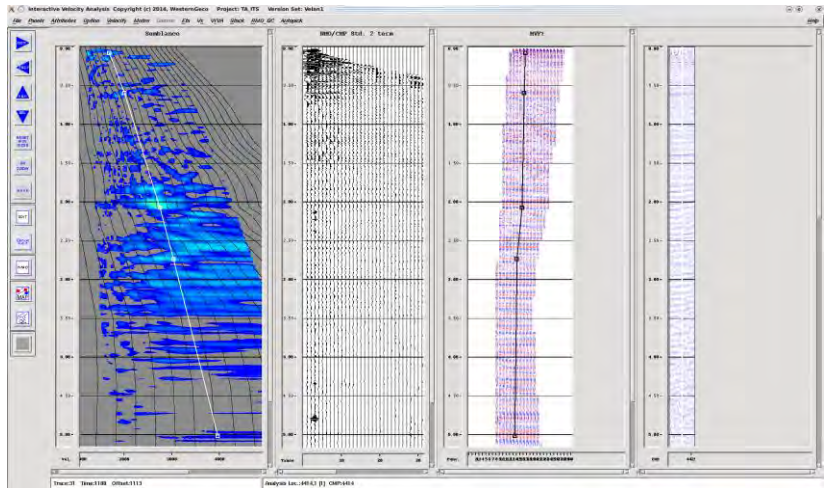
BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Metode Konvensional

Metode konvensional dalam *seismic processing* merupakan metode yang memerlukan proses analisa kecepatan, koreksi NMO, stacking dan proses migrasi. Hasil citra penampang seismik pengolahan data seismic konvensional ini akan bergantung pada proses-proses tersebut. Pada metode konvensional tahapan pertama yang dilakukan adalah analisa kecepatan. Pada proses analisa kecepatan, merupakan penentuan nilai kecepatan yang sesuai dengan lapisan-lapisan bawah permukaan. Hasil dari analisa kecepatan nantinya akan menjadi model kecepatan seismik untuk proses stacking konvensional. Untuk tahapan selanjutnya yakni koreksi NMO, koreksi NMO ini hasilnya menyesuaikan dengan proses sebelumnya yakni koreksi kecepatan. Sebelum melakukan stacking konvensional maka data yang didapat harus sudah dalam bentuk CMP, karena syarat dilakukan stacking adalah data CMP.

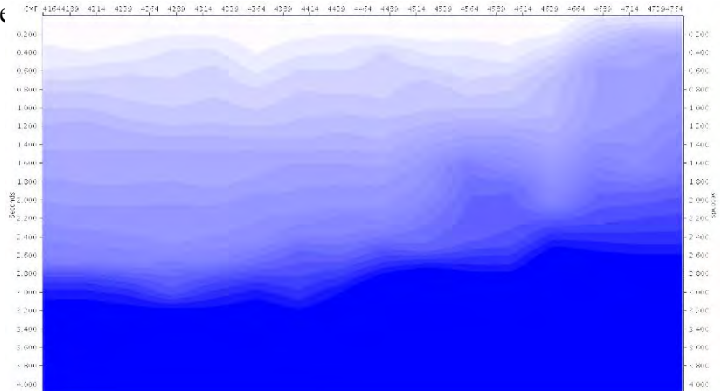
Pada proses analisa kecepatan dilakukan *picking* yang dilakukan pada tiap titik CMP kecepatan yang didapatkan berupa kecepatan rms (*root meas square*). Hal-hal yang dapat mempengaruhi nilai kecepatan ini adalah dari bentuk pori, tekanan pori, saturasi pori fluida, tekanan, temperature. Sehingga dari masing – masing lapisan akan memiliki kecepatan yang berbeda. Metode analisa kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode semblance. Pada setiap CMP yang akan dilakukan analisa maka ditampilkan semblance yang merupakan kumpulan kecepatan pada CMP gather dimana pemilihan kecepatan dilakukan pada semblance yng memiliki kontur paling mencolok dimana kontur yang paling mencolok tersebut memiliki energi yang tinggi. Selain memperhatikan kontur yang mencolok pada semblance perlu diperhatikan juga *stack panel* dan *brute stack*.



Gambar 4.1 *Semblance* untuk Analisa kecepatan

Proses picking semblance diatas dilakukan sesuai dengan pola kontur yang memiliki energi tertinggi ditunjukkan dengan daerah yang mempunyai kontras tinggi, selain itu juga menunjukkan bahwa daerah yang mempunyai kontras tinggi tersebut memiliki kecepatan yang sesuai dengan lapisan bawah permukaan. Setelah proses picking semblance yang sesuai tersebut maka dapat dilakukan koreksi NMO terhadap data menggunakan analisa kecepatan yang terbentuk dari proses picking semblance. Koreksi NMO yang sesuai ditandai dengan adanya gather yang telah lurus. Jika masih terdapat kecepatan yang kurang sesuai dengan kondisi bawah permukaan dapat diidentifikasi melalui gather yang melengkung ke atas maupun ke bawah. Jika kecepatan yang diberikan mempunyai nilai yang lebih tinggi maka gather akan menunjukkan kelengkungan ke bawah, dan apabila kecepatan yang diberikan terlalu rendah maka kelengkungan gather seismik menuju ke bawah. Dari koreksi NMO yang belum tepat tersebut maka dapat dilakukan pemindahan titik picking semblance pada titik yang dianggap mempunyai kecepatan yang kurang tepat dengan kecepatan bawah permukaan yang sebenarnya, sehingga

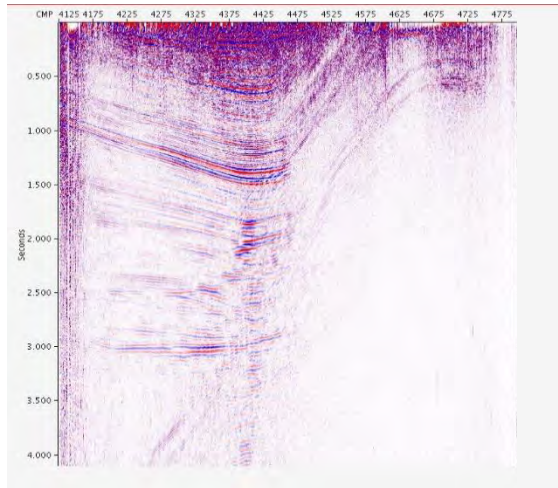
didapatkan kecepatan yang sesuai. Dari proses ini diperoleh model kecepatan seismik yang sesuai dengan penampang seismik. Hasil model



Gambar 4.2 Hasil analisa kecepatan

Gambar 4.2 merupakan hasil dari analisa kecepatan, yang mana hasil analisa kecepatan ini akan membentuk model kecepatan untuk struktur lapisan bawah permukaan. Analisa kecepatan ini akan dijadikan sebagai kecepatan stacking. Kecepatan stacking inilah yang mempengaruhi kualitas hasil citra penampang seismik bawah permukaan. Nilai analisa kecepatan didapatkan dari proses picking semblance seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Setelah dilakukan proses analisa kecepatan kemudian dilakukan proses stacking konvensional dengan menggunakan kecepatan RMS hasil analisa kecepatan. Hasil stacking konvensional adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Penampang hasil stack konvensional menggunakan model kecepatan proses analisa kecepatan

4.2 Metode CRS

Metode CRS merupakan metode yang diaplikasikan tanpa harus menentukan model kecepatan, yang dibutuhkan hanyalah kecepatan permukaan. Data yang sudah bersih dari noise diproses dengan metode CRS melalui tahapan-tahapan CRS yakni : Automatic CMP-Stack, pencarian Fresnel Zone dan Zero Offset Atribut CRS, Optimasi Atribut CRS, dan yang terakhir adalah Partial CRS-Stack.

Pada tahapan-tahapan CRS tersebut harus dimasukkan nilai parameter-parameter yang dibutuhkan untuk mendapatkan penampang yang sesuai dengan kondisi penampang seismik. Parameter-parameter CRS mempengaruhi hasil dari penampang seismik. Pemilihan nilai parameter yang sesuai akan meningkatkan kualitas stacking penampang seismik. Secara garis besar parameter tersebut digolongkan menjadi beberapa kelompok yakni parameter yang terkait kecepatan, *target zone*, *aperture*,

conflicting dip handling. Parameter *target zone* ini merupakan parameter yang dimasukkan berdasarkan informasi saat akuisisi seismik, karena pada penentuan parameter target window ini terdiri dari informasi CDP minimum dan maksimum saat akuisisi seismik, spasi waktu sampel, waktu sampel tiap trace, batas waktu minimum pada *Zero Offset* CRS stack. Dimana informasi-informasi tersebut terdapat pada data pengamatan akuisisi. Sedangkan parameter velocity yang digunakan adalah kecepatan permukaan, kecepatan rata-rata, kecepatan NMO. Pada penelitian ini kecepatan permukaan didapatkan dari informasi data pengamatan akuisisi. Untuk kecepatan rata-rata merupakan kecepatan model yang diasumsikan sama dengan kecepatan permukaan. Sedangkan kecepatan NMO merupakan kecepatan stacking. Pada proses CRS ini range yang diberikan dari kecepatan NMO minimal dan kecepatan NMO maksimal dalam range yang besar untuk mendapatkan event refleksi yang sesuai. Parameter *angle* merupakan parameter masukan yang disesuaikan dengan kondisi kemiringan reflektor sehingga penggambaran penampang seismik sesuai dengan aslinya. Nilai sudut yang diberikan harus mencakup besarnya sudut kemiringan penampang seismik. Parameter *Conflicting dip handling* terdiri dari *globalcohtresh*, *ndips*, *recohtresh*. *Conflicitng dip* ini merupakan parameter yang dapat memberikan koreksi dip. Nilai *conflicting dip* ditentukan dari nilai *Ndip* yang nilainya antara 1-5, nilai tersebut mampu mengurangi pengaruh difraksi oleh CRS *stack* yang diidentifikasi dengan adanya perbedaan koherensi pada setiap pemberian nilai *Ndip* yang berbeda. Sedangkan parameter *aperture* ini merupakan parameter yang mempengaruhi lebar *Fresnel Zone*.

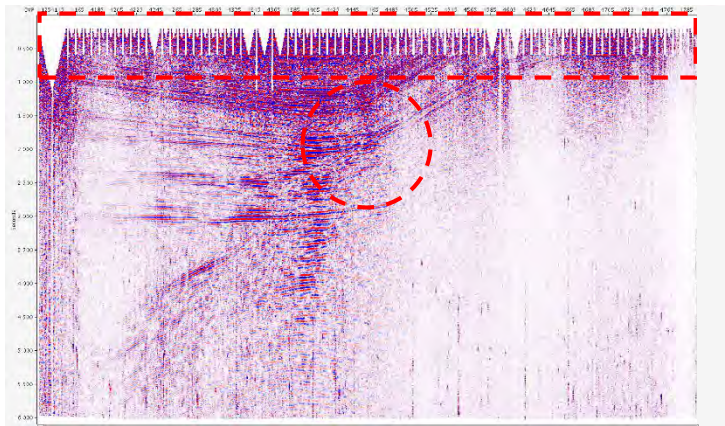
Aparture merupakan parameter yang paling mempengaruhi dalam proses CRS karena *aperture* ini berkaitan dengan lebar *Fresnel Zone*. Pemilihan nilai minimum dan maksimum *aperture* yang mempengaruhi jumlah banyak atau sedikitnya CMP di sekitar titik refleksi yang terlibat dalam proses

CRS stacking. Dalam hal ini dilakukan variasi aperture untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

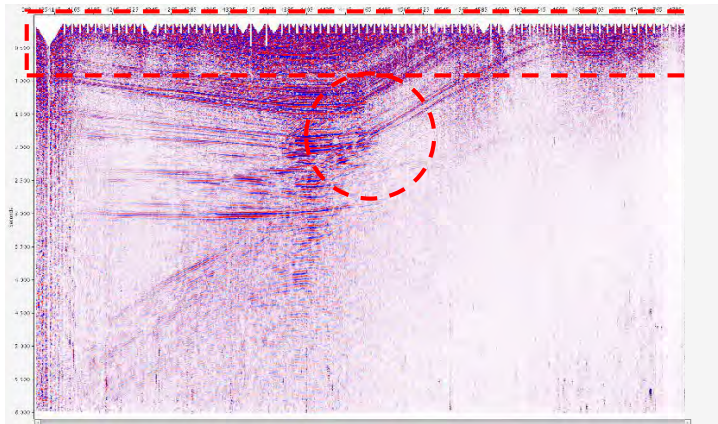
Tabel 4.1 Daftar variasi aperture

No	Minimum Aperture	Maksimum Aperture
1	0	1100
2	0	5000
3	250	1100
4	250	5000
5	400	5000
6	400	5000

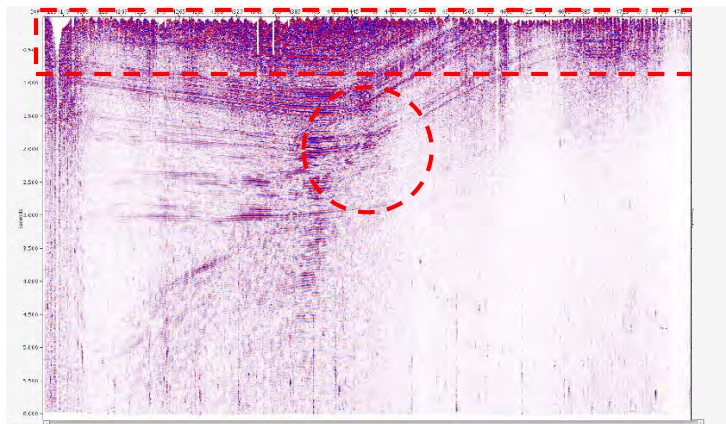
Dari range aperture yang diberikan seperti pada tabel 4.1 maka didapatkan hasil penampang sebagai berikut :



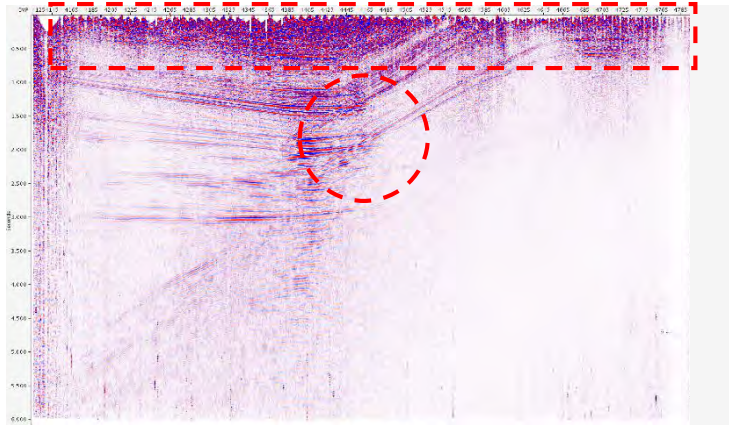
Gambar 4.4 Hasil penampang dengan aperture 0-1100



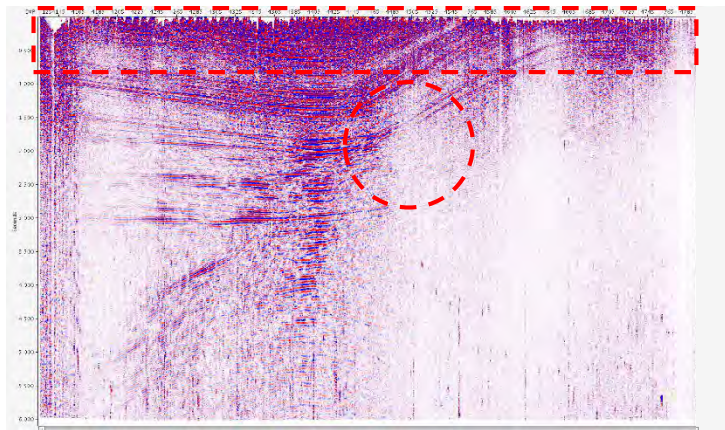
Gambar 4.5 Hasil penampang dengan aperture 0-5000



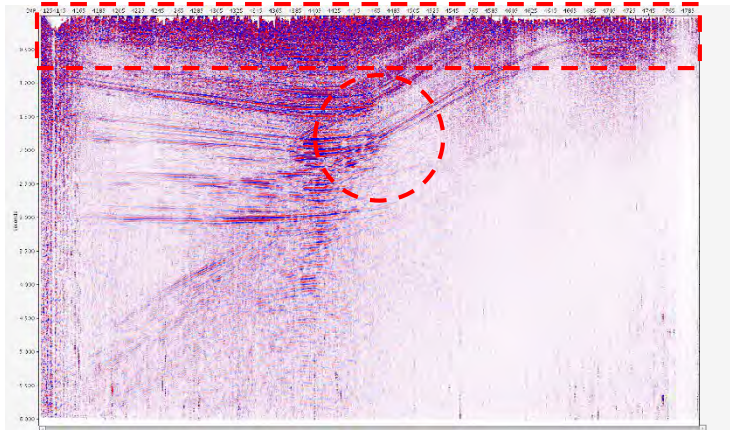
Gambar 4.6 Hasil penampang dengan aperture 250-1100



Gambar 4.7 Hasil penampang dengan aperture 250-5000



Gambar 4.8 Hasil penampang dengan aperture 400-1100



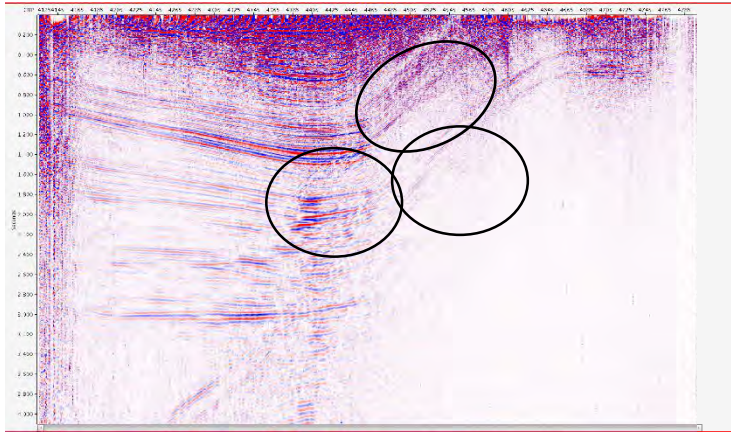
Gambar 4.9 Hasil penampang dengan aperture 400-5000

Minoffsetap berpengaruh terhadap citra penampang di dekat permukaan, terlihat perbandingan antara gambar 4.4 , 4.6 dan 4.8. Pada gambar 4.6 penampang seismik yang berada dekat permukaan (yang mempunyai kedalaman rendah) banyak yang kosong, gambar –penampang tidak tergambarkan dengan penuh sehingga bentuk dari penampang belum terlihat dengan jelas, sedangkan jika dilihat pada gambar 4.6 maka bagian-bagian penampang dekat permukaan terisi dengan gambaran yang lebih jelas, begitupula jika dilihat pada gambar 4.8. Pemberian nilai minimum aperture yang diberikan maka semakin terlihat jelas bagian dari penampang seismik tersebut didaerah yang dekat permukaan. Pemberian nilai minoffsetap sangat berpengaruh terhadap citra penampang dekat permukaan (kedalaman rendah). Sehingga jika diberikan nilai minoffsetap yang kurang maka tidak tergambarkan hasil stack penampang seismik secara baik sesuai dengan kondisi lapangan penampang seismik. Dalam hal ini maka dipilihlah nilai minoffsetap yang sesuai.

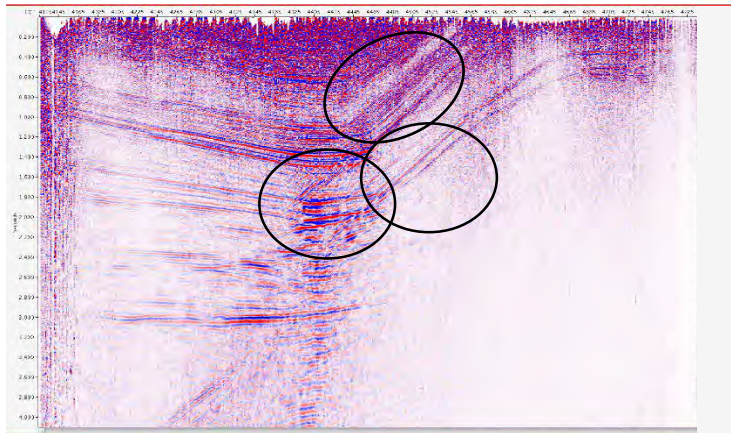
Untuk pemilihan maxoffsetap yakni 1100 dan 5000, bisa dibandingkan perbedaan saat digunakan maxoffsetap 1100 dan 5000 pada gambar 4.4 berbanding gambar 4.5 , gambar 4.6

berbanding gambar 4.7 dan gambar 4.8 berbanding gambar 4.9. Dari perbandingan hasil citra penampnag tersebut jika diberikan nilai maxoffsetap 1100 masih banyak noise yang ada, sedangkan untuk maxoffsetap 5000 noise berkurang dan kemenerusan reflektor lebih terlihat. Sehingga dalam hal ini dipilih nilai yang paling optimum untuk mendapatkan stack penampang yang baik, karena nilai dari minimum aparture dan maksimum aparture merupakan batasan dari *Fresnel Zone*. *Fresnel Zone* ini me bentuk resolusi penampang seismik secara horizontal. Penentuan aparture ini juga berkaitan dengan jumlah CMP yang terlibat di daerah titik refleksinya. Dimana telah diketahui sebelumnya bahwa metode CRS ini merupakan metode yang memanfaatkan informasi CMP disekitar titik refleksi. Jika Informasi disekitar titik refleksi yang dilibatkan dalam proses ini banyak maka akan dihasilkan penampang stack yang mempunyai rasio sinyal terhadap noise yang tinggi. Seperti yang terlihat pada gambar diatas, sesuai dengan perbandingan pemberian nilai maksimum aparture yang terlibat, pemberian aparture yang lebih besar menghasilkan citra penampang stack yang lebih bersih dari noise, bisa dibandingkan antara gambar 4.4 berbanding 4.5, gambar 4.6 berbanding 4.7 dan gambar 4.8 banding 4.9, dari gambar tersebut sesuai dengan teori yang ada, yakni pemberian nilai maksimum aparture yang lebih besar akan menghilangkan noise-noise yang ada. Akan tetapi tetap perlu diperhatikan saat pemberian nilai minoffsetap dan maxoffsetap sehingga didapatkan penampang stack yang baik. Dengan citra penampang stack yang telah baik maka mampu memberikan citra penampang yang baik pula pada saat dilakukan proses migrasi, karena penampang stack merupakan cikal bakal terbentuknya penampang hasil migrasi jika dilakukan *PreStack Time Migration*.

Untuk proses selanjutnya setelah diketahui hasil penampang pada stack CRS yang optimal yakni sesuai pada gambar 4.9, maka bisa dibandingkan hasil antara stack konvensional dan stack CRS. Berikut adalah pebandingan antara metode stack konvensional dan metode stack CRS :



(a)



(b)

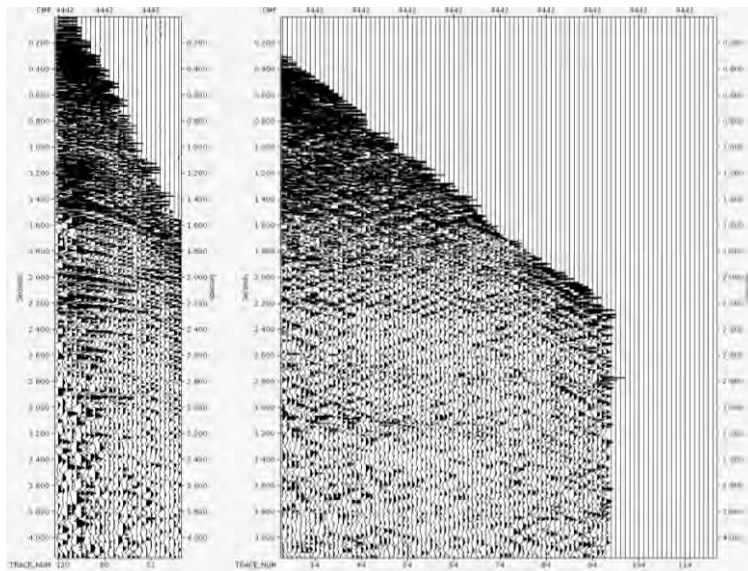
Gambar 4.10 Hasil stack (a) Konvensional stack (b) CRS stack

Pada gambar 4.10 (b) diketahui bahwa kemenerusan reflektor lebih terlihat jelas seperti pada daerah yang dilingkari tersebut, event adanya reflektor terlihat secara detail. Terdapat tiga

titik pembeda yang sangat terlihat jelas antara hasil stack konvensional dan stack CRS, perbedaan tersebut terletak pada daerah yang dilingkari. Pada daerah yang dilingkari pada gambar 4.10 (b) bagian-bagian reflektor lebih terlihat jelas kemenerusannya. Sedangkan pada gambar 4.10 (a) yang merupakan hasil stack konvensional terdapat bagian reflektor yang kurang jelas kemenerusannya dan kontinuitas dari reflektor tidak terlihat. Jika dilihat pada hasil CRS maka dapat diketahui bahwa daerah penampang seismik tersebut mempunyai kemiringan yang curam. Dalam hal ini terlihat bahwa hasil stack CRS mampu menggambarkan reflektor dengan kemiringan tajam, berbeda halnya dengan stack konvensional. Stack CRS mampu mengcover daerah yang mempunyai kemiringan tajam sehingga kontinuitas reflektor terlihat dengan jelas.

Dari informasi data akuisisi yang diperoleh, data yang digunakan ini mempunyai *fold coverage* yang rendah. Fold coverage ini merupakan jumlah titik pantulan di bawah permukaan yang mengenai suatu reflektor. Dimana semakin banyak jumlah titik pantulan pada reflektor tersebut maka akan didapatkan kualitas data semakin bagus yang bagus. Kualitas yang bagus dalam hal ini terkait dengan kemenerusan reflektor dan kondisi sinyal terhadap *noise*. Jika data titik *fold coverage* yang diberikan semakin banyak maka hasil *stack* yang didapatkan semakin bersih dari *noise* dan jika data *fold coverage* yang diberikan hanya sedikit hasil stack penampangnya mempunyai rasio sinyal terhadap noise yang rendah. *Fold coverage* ini merupakan bagian yang penting saat dilakukan proses *stacking* saat pengolahan data seismik. Dengan data fold coverage yang rendah ini ternyata setelah dilakukan proses CRS stack mampu menggambarkan penampang stack yang optimal jika dibandingkan dengan stack konvensional. Dengan kata lain bahwa metode CRS ini dianggap mampu mengatasi masalah penggambaran penampang seismik dengan data *fold coverage* yang rendah. Karena dalam metode CRS ini memanfaatkan informasi disekitar titik CMP.

Metode CRS stack ini lebih memberikan citra penampang yang sesuai dengan reflektor yang ada. Metode CRS ini merupakan suatu metode untuk mendapatkan penampang stack pada data seismik, dimana pada metode ini bebas dari model kecepatan. Kecepatan yang diperlukan hanyalah kecepatan permukaan sehingga tidak perlu dilakukan adanya analisa kecepatan seperti halnya pada pengolahan data konvensional. Hasil yang didapatkan pada metode CRS Stack mendapatkan penampang seismik yang memiliki kemenerusan lebih continue hal ini disebabkan karena pada proses CRS stack ini juga melibatkan lebih banyak data trace seismik yang digunakan daripada saat menggunakan metode konvensional Stack. Hal ini dibuktikan dengan gather berikut ini :



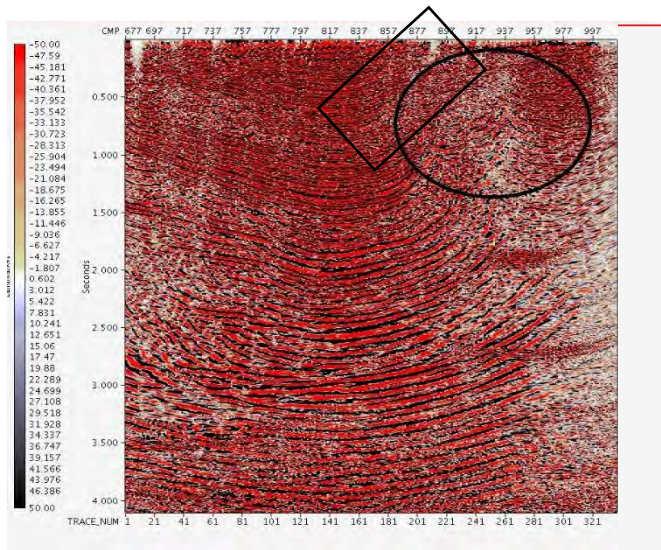
(a)

(b)

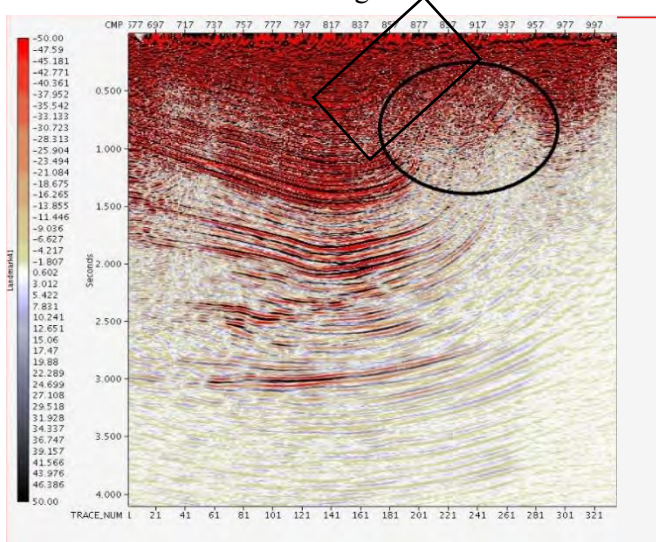
Gambar 4.11 Gambar hasil gather (a) konvensional gather seismik (b) CRS supergather

Jika dilihat pada gambar 4.11 (a) dan 4.11 (b) jelas terdapat perbedaan diantara keduanya. Pada kedua gambar tersebut mengandung informasi trace seismik, akan tetapi pada gambar 4.11 (a) merupakan trace seismik konvensional pada CMP 4415 yang mempunyai trace seismik lebih sedikit jika dibandingkan dengan trace seismik pada CRS. Dengan adanya trace yang banyak ini membantu dalam memberikan lebih banyak informasi terkait kondisi penampang seismik sehingga didapatkan reflektor pada stack CRS lebih terlihat continue dibandingkan dengan hasil konvensional. Hal inilah yang membantu mengcover sehingga data yang mempunyai *fold coverage* rendah bisa menghasilkan stack yang bagus. Banyaknya trace pada CRS supergather ini bergantung pada aperture yang diberikan saat penentuan lebar *Fresnel Zone*, karena aperture itu sendiri mempengaruhi jumlah banyak atau sedikitnya CMP disekitar titik refleksi yang terlibat dalam proses CRS stacking. Tentunya dengan digunakan aperture yang sesuai seperti yang telah dijelaskan pada proses sebelumnya.

Untuk mendapatkan posisi reflektor yang sesuai dengan kondisi lapangan maka dilakukan proses migrasi. Proses migrasi ini merupakan pemindahan reflektor sesuai dengan posisi aslinya. Sedangkan proses Stacking merupakan awal dari terbentuknya penampang seismik. Posisi yang aslinya bisa dilihat pada proses setelah dilakukan migrasi. Dalam hal ini dilakukan proses Post Stack Time Migration karena telah didapatkan hasil stack dari masing-masing proses yakni proses konvensional stack dan CRS stack. Hasil dari proses migrasi tersebut adalah sebagai berikut :



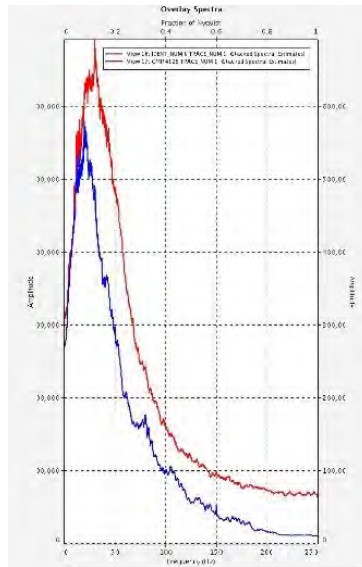
Gambar 4.12 Hasil Migrasi Konvensional



Gambar 4.13 Hasil Migrasi CRS

Pada hasil migrasi konvensional didapati banyak noise. Selain terdapat banyak noise event adanya reflektor hanya tergambar secara samar-samar, terlihat pada daerah yang diberi tanda kotak dan daerah yang dilingkari tersebut. Sedangkan hasil dari migrasi CRS posisi reflektor lebih terlihat jelas dan lebih tegas kondisi reflektor yang tergambar. Pada gambar 4.13 pada daerah yang diberi tanda kotak dan lingkaran merupakan reflektor yang dianggap mempunyai kemiringan tajam. Dari hasil migrasi yang telah dilakukan diketahui bahwa hasil dari migrasi CRS mampu meningkatkan rasio sinyal terhadap noise, terlihat bahwa hasil CRS lebih bersih jika dibandingkan dengan hasil migrasi konvensional. Dan untuk bentuk reflektor yang tertera pada hasil penampang seismik lebih jelas. Migrasi CRS yang menunjukkan hasil citra penampang yang lebih baik dibandingkan dengan hasil migrasi konvensional ini dikarenakan pada metode CRS mengalami koreksi kemiringan dan kelengkungan sehingga pada saat diaplikasikan metode CRS pada data tersebut maka adanya reflektor yang mempunyai kemiringan tajam dan melengkung mampu diselesaikan dengan metode ini. Sedangkan pada metode konvensional hanya terdapat koreksi NMO saja, sehingga reflektor yang mempunyai tajam tidak bisa tergambar dengan baik.

Untuk melihat perbedaan spektrum frekuensi antara migrasi konvensional dan migrasi CRS maka bisa dilakukan overlay pada keduanya. Hasil dari *overlay* tersebut adalah sebagai berikut :

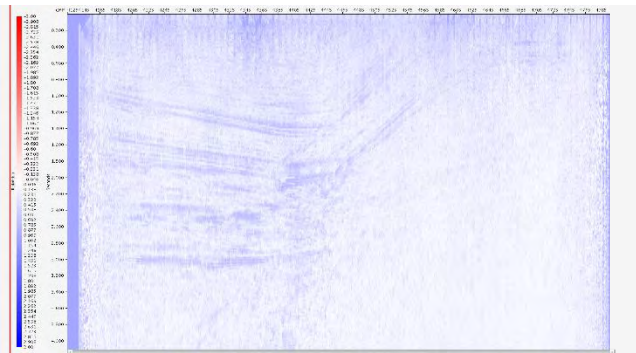


Gambar 4.14 *Overlay* spektrum frekuensi migrasi CRS dan migrasi konvensional

Pada gambar 4.14 garis merah menunjukkan grafik spektrum frekuensi untuk hasil CRS sedangkan warna biru merupakan grafik spektrum frekuensi untuk hasil konvensional. Pada hasil overlay spektrum frekuensi migrasi CRS dan migrasi konvensional seperti pada gambar 4.14 diatas menunjukkan bahwa pada hasil migrasi CRS mempunyai amplitudo lebih besar dibandingkan dengan amplitudo migrasi konvensional. Akan tetapi secara frekuensi hasil migrasi CRS dan migrasi konvensional memiliki frekuensi yang sama. Hal ini terjadi karena pada metode CRS menggunakan lebih banyak trace seismik pada *Freshne Zone*. Selain itu dikarenakan adanya pengurangan noise yang terjadi pada migrasi CRS.

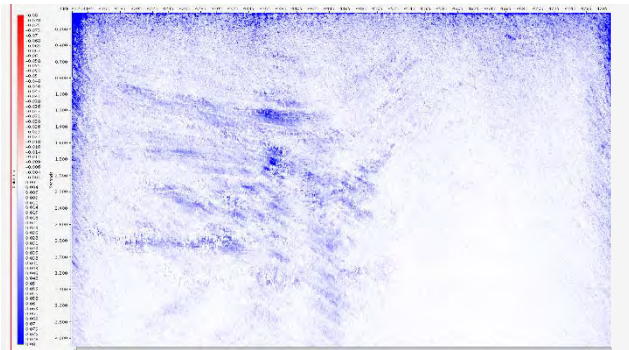
Selain dalam bentuk stack dan hasil migrasi yang membedakan antara metode CRS dan konvensional adalah parameter yang didapatkan yakni parameter R_N , R_{NIP} , α . Nilai

parameter CRS tersebut bergantung pada besar aperture yang diberikan, dalam hal ini telah terpilih aperture yang paling optimal. Aperture sangat berpengaruh terhadap hasil stacking, parameter CRS, dan koherensi. Koherensi tinggi menunjukkan event yang dominan yang mempunyai sudut kritis besar. Parameter ini mempengaruhi hasil stacking dari CRS, dan hasil stack pun mempengaruhi citra penampang seismik hasil migrasi. Jika dilihat parameter parameter CRS dan koherensi dari data ini adalah sebagai berikut :

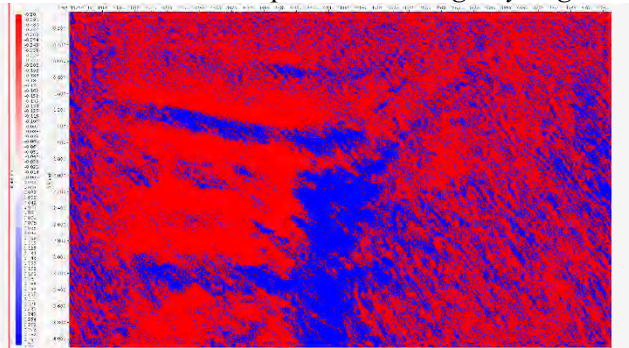


Gambar 4.15 Hasil Koherensi

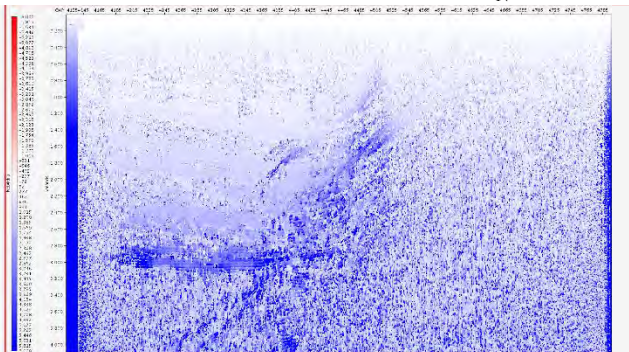
Koherensi yang tinggi yang terlihat memiliki struktur yang mirip dengan reflektor hasil stack.



Gambar 4.16 Hasil parameter *emergency angle*



Gambar 4.17 Parameter hasil R_N



Gambar 4.18 Parameter hasil R_{NIP}

Parameter R_N , R_{NIP} , α merupakan parameter menyimpan informasi terkait dengan posisi kemiringan ataupun kelengkungan dari reflektor. Sudut kritis (α) parameter CRS yang berhubungan dengan kemiringan (*dip*) dari event refleksi. Sedangkan R_N dan R_{NIP} mencerminkan kelengkungan dan pola difraksi pada penampang seismik tersebut.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan diskusi yang dipaparkan pada bab IV maka pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, yakni sebagai berikut :

1. Parameter CRS untuk mendapatkan Freshnel Zone yang paling optimal adalah saat digunakan maksimum aparture 5000m dan minimum aparture 400m
2. Dengan metode CRS mampu mengatasi masalah *fold coverage* yang rendah dan kemiringan reflektor yang curam sehingga didapatkan penampang stack yang lebih *continue*.
3. Hasil migrasi Pre-Stack Time Migration dengan menggunakan stack hasil CRS menghasilkan penampang yang memiliki rasio sinyal terhadap noise tinggi.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan sehubungan dengan penelitian ini antara lain perlu dilakukan studi lanjut tentang pemanfaatan atribut-atribut CRS. Penggunaan software Tomodepth yang harus lebih update untuk mempermudah proses pengolahan data seismik menggunakan metode CRS.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Battaglia, Enzo, 2013, "Seismic Reflection Imaging of Near Surface Structures Using the Common Reflection Surface (CRS) Stack Method", Hamburg, University of Hamburg
- Dwi, Ichwan Satrio, 2012, "Penggunaan CRS Gather Untuk Meningkatkan Akurasi Model Multiple SRME", Skripsi, Universitas Indonesia.
- Heilman, Zeno, 2007, "CRS-Stack-Based Seismic Reflection Imaging for land data in time and depth domains", Hamburg, University Karlsruhe.
- Hubral, Bergler, Steffen, dkk, 2002, "The Finite Offset CRS Stack and Alternative Stacking Tool for Subsalt Imaging", Hamburg, University Karlsruhe.
- Jager, Rainer, 1999, "The Common-Reflection-Surface Stack Theory And Application", Hamburg, University Karlsruhe.
- Mann, Jurgen, 2003, "2D-Zero Offset Common Reflection Surface Stack User's Manual", Hamburg, University Karlsruhe.
- Mandai, Bawajil, Rajendra, dkk, 2012, "Image Enhancement Through Common Reflection Surface Stack- Application to Seismic Reflector Data of Mahendi Basin and Delhi Fold Belt", 9th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics.
- Muller, T, Jager, 1998, "Common Reflection Surface Stacking Method- Imaging within unknown velocity model", German, SEG Technical Program
- Olivia, PC, Carlos, dkk, 2005, "2D ZO CRS Stack by Considering an Acquisition Line with Smooth Topography", Brazil, Journal of Geophysics
- Panea, E. Landa, G.G Drijkoningen, R. Baina, 2011, "Improvement of Seismic Imaging in a Low Signal to Noise Area by The Use of Post-Stack Stereotomography", Netherlands, University of Bucharest

- Riyadi, Praditiyo, 2011, “Analisa Kecepatan Seismik Refleksi 2D Zona Darat Menggunakan Metode Semblance”, Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah
- Talagapu, Kiran Kumar, 2005, “ 2D and 3D Land Seismic Data Aquisition and Seismic Data Processing”, Andhara Pradesh, Andhra University.
- Yilmas, Osdoger, 2001, “Seismic Data Analisis Volume 1&2”, Society of Exploration Geophysicist, Tulsa
- Yudiana, B, T.B Nainggaton, N.D Ardi, 2014, “Analisis Penampang CRS pada Data Seismik 2D Multichannel di perairan Utara Papua”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL).
- Zhang, Yonghai, Stefen Bergler, Peter Hubral, 2001, “Common-Reflection Surface (CRS) for Common Offset”, Journal of European Ascociation of Geoscientist & Engineering.



Penulis bernama lengkap Khusna Indria Rukmana, lahir di Trenggalek 6 Juni 1994 yang merupakan anak ke 2 dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Rohmad (alm.) dan Ibu Hilaliyah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Ngadisuko (2000-2006), MTs N Bandung (2006-2009), dan MAN 2 Tulungagung (2009 – 2012).

Setelah lulus dari MAN tahun 2012, penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur tulis SNMPTN dengan NRP 1112100085. Selama kuliah, penulis pernah aktif di organisasi kemahasiswaan, sebagai Staff Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS dan Sekretaris Departemen Hubungan Kuar Himasika ITS, kegiatan seminar dan pelatihan. Penulis sempat menempuh kerja praktek di PT. Pertamina UTC Jakarta. Penulis juga sempat aktif sebagai Asisten Laboratorium Praktikum Fisika Dasar. Penulis mengambil Tugas Akhir di bidang Fisika Bumi dalam menyelesaikan jenjang pendidikan S-1 nya di Jurusan Fisika FMIPA-ITS. Penulis dapat dihubungi melalui email Khusnaindriarukmana@gmail.com